

Docket No.: N0029.1649  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Katsuji Mukaiharai, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.:

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: DIODE-PUMPED SOLID-STATE LASER  
DEVICE AND MANUFACTURING  
METHOD OF THE SAME

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following  
prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2002-344134	November 27, 2002

Application No.: Not Yet Assigned

Docket No.: N0029.1649

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: November 19, 2003

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

1177 Avenue of the Americas

41st Floor

New York, New York 10036-2714

(212) 835-1400

Attorney for Applicant

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月27日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-344134  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2002-344134]

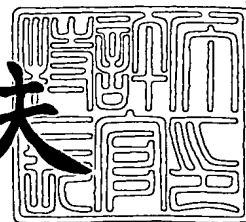
出願人 日本電気株式会社  
Applicant(s):



2003年10月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 70902934  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 3/042  
H01S 3/093  
H01S 3/094

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日  
本電気株式会社内

【氏名】 向原 克治

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日  
本電気株式会社内

【氏名】 常包 正樹

## 【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100109313

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 机 昌彦

【電話番号】 03-3454-1111

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100085268

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 河合 信明

【電話番号】 03-3454-1111

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100111637

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷澤 靖久

【電話番号】 03-3454-1111

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 191928

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0213988

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ励起固体レーザ装置並びにその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザロッドを側面励起する半導体レーザ励起の固体レーザ装置であって、

前記レーザロッドを内包して同軸状に配設され、通水によって前記レーザロッドを冷却するための冷却チューブを備え、

前記冷却チューブの外側面に、前記励起光に対する反射防止領域が設けられ、前記反射防止領域が設けられていない前記側面には前記励起光に対する高反射領域が設けられている、

ことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 2】 さらに、前記反射防止領域を透過して前記レーザロッドに入射する励起光の光軸は、前記レーザロッドの中心軸と交わらないように、前記励起用半導体レーザが配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 3】 さらに、前記冷却チューブの内側面は、前記励起光に対する散乱面が形成されている、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 4】 前記反射防止領域は、前記外側面の円周方向に沿って複数箇所に設けられている、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 5】 前記複数箇所に設けられた反射防止領域は、前記円周方向に等間隔に配されている、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 6】 前記反射防止領域は、反射防止膜であり、前記高反射領域は、高反射膜である、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 7】 さらに、前記高反射膜は、前記反射防止膜で覆われている、ことを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 8】 さらに、前記高反射領域の前記外側面には散乱面が形成されている、ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 9】 前記反射防止領域は、反射防止膜のみを有し、前記高反射領域は、前記反射防止膜の上に高反射膜を有する、ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置。

【請求項 1 0】 レーザロッドを内包して同軸状に配設され、通水によって前記レーザロッドを冷却するための冷却チューブを備え、前記レーザロッドを側面励起する半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法であって、前記冷却チューブの外側面に、前記励起光に対する反射防止領域を設ける工程と、前記反射防止領域が設けられていない前記側面には前記励起光に対する高反射領域を設ける工程を、含むことを特徴とする半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 1】 さらに、前記反射防止領域を透過して前記レーザロッドに入射する励起光の光軸が、前記レーザロッドの中心軸と交わらないように前記励起用半導体レーザを配置する工程を、含むことを特徴とする請求項 1 0 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 2】 さらに、前記冷却チューブの内側面に、前記励起光に対する散乱面を形成する工程を、含むことを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 3】 前記反射防止領域は、前記外側面の円周方向に沿って複数箇所である、

ことを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 4】 前記複数箇所に設けられた反射防止領域は、前記円周方向に等間隔に配されている、  
ことを特徴とする請求項 1 4 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 5】 前記反射防止領域は、反射防止膜であり、  
前記高反射領域は、高反射膜である、  
ことを特徴とする請求項 1 0 から 1 4 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 6】 さらに、前記高反射膜は、前記反射防止膜で覆われている、  
ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 7】 さらに、前記高反射領域の前記外側面には散乱面が形成されている、  
ことを特徴とする請求項 1 0 から 1 6 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 8】 前記反射防止領域は、反射防止膜のみを有し、  
前記高反射領域は、前記反射防止膜の上に高反射膜を有する、  
ことを特徴とする請求項 1 0 から 1 8 のいずれかに記載の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ励起固体レーザ装置並びにその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体レーザ励起固体レーザ装置において、高出力・高ビーム品質のレーザビ



ームを得るためには、レーザロッド内部の励起分布を均一状態にすることが必要である。例えばレーザロッド内部の励起分布が、ロッド中心が高いプロファイルになれば、レーザロッドでの熱レンズが大きくなり、レーザ出力の飽和やレーザビーム品質の低下、さらにはレーザロッド損傷が発生するという問題を招く。従来レーザロッド内部での励起分布を均一にするために、拡散集光器という方法が提案されている。

#### 【0003】

半導体レーザ励起固体レーザ装置の従来の方法に関し、図7の断面図を参照して説明する。レーザロッド1の外側には冷却チューブ3が配置される。レーザロッド1と冷却チューブ3との隙間には冷却水6が流れ、レーザロッド1およびロッドホルダを直接冷却する。冷却チューブ3の外側には励起用LD2が配置され、反射防止膜17を通してレーザロッド1に対して側面励起を行う。冷却チューブ3に密接して外側に拡散集光器が設けられる。これは、セラミックなどの材質で作製した拡散反射鏡15の反射面にてLD光13をランダムに反射させ、レーザロッドに均一に吸収させるものである。この場合、拡散反射鏡15は反射面にて反射したLD光13により加熱されるため、熱によって拡散反射鏡が損傷するという問題が発生し、拡散反射鏡の損傷を防ぐために冷却穴をもうけ、冷却水で冷却しなければならなかった。また、物理的に拡散反射鏡が大きくなり、その分励起用LD2とレーザロッド1との距離が離れるため、LD光13を効率よくレーザロッド1に伝搬させるために集光レンズ16が必要になる。以上のように従来方式では、拡散反射鏡や集光レンズ、その保持機構や冷却機構など部品点数が増えることによって高価かつ複雑になってしまう問題があった。

#### 【0004】

拡散反射鏡を用いずに、内面に反射膜を有し励起用LD導入孔を持った円筒状部材を冷却チューブの外側に備え、円筒状部材内面の反射膜で励起LD光を反射させる構成の半導体レーザ励起固体レーザ装置が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

しかしながら、上記の文献に開示されている技術では、円筒状部材の内面に反射膜を設けなければならず、また、円筒状部材に入射した励起LD光が円筒状部材

内面の反射膜で反射された後再び入射位置に戻るようにする必要（上記文献では正反射の条件と称している）があるため、励起 LD のアライメントが極めて難しい。これらのことから、結果的に高価な半導体レーザ励起固体レーザ装置になってしまうという難点を有する。

#### 【0 0 0 5】

##### 【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 2 4 4 5 2 6 号公報（第 1 0 - 1 2 頁、図 2）

#### 【0 0 0 6】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の従来技術の難点に鑑みてなされたものであって、その目的は、効率よくレーザロッドが励起され、高出力で高ビーム品質のレーザを高信頼かつ安価に得ることができる半導体レーザ励起固体レーザ装置並びにその製造方法を提供することにある。

#### 【0 0 0 7】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置は、レーザロッドを側面励起する半導体レーザ励起の固体レーザ装置であって、レーザロッドを内包して同軸状に配設され、通水によってレーザロッドを冷却するための冷却チューブを備え、冷却チューブの外側面に、励起光に対する反射防止領域が設けられ、反射防止領域が設けられていない側面には励起光に対する高反射領域が設けられている、ことを特徴とする。

さらに、反射防止領域を透過してレーザロッドに入射する励起光の光軸は、レーザロッドの中心軸と交わらないように、励起用半導体レーザが配置されている。

さらに、冷却チューブの内側面は、励起光に対する散乱面が形成されている。

反射防止領域は、外側面の円周方向に沿って複数箇所に設けられている。

複数箇所に設けられた反射防止領域は、円周方向に等間隔に配されている。

反射防止領域は、反射防止膜であり、高反射領域は、高反射膜である。

さらに、高反射膜は、反射防止膜で覆われている。

さらに、高反射領域の外側面には散乱面が形成されている。

反射防止領域は、反射防止膜のみを有し、高反射領域は、前記反射防止膜の上に高反射膜を有する。

#### 【0 0 0 8】

また、本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法は、レーザロッドを内包して同軸状に配設され、通水によってレーザロッドを冷却するための冷却チューブを備え、レーザロッドを側面励起する半導体レーザ励起固体レーザ装置の製造方法であって、冷却チューブの外側面に、励起光に対する反射防止領域を設ける工程と、反射防止領域が設けられていない側面には励起光に対する高反射領域を設ける工程を含むことを特徴とする。

さらに、前記反射防止領域を透過して前記レーザロッドに入射する励起光の光軸が、前記レーザロッドの中心軸と交わらないように前記励起用半導体レーザを配置する工程を含む。

さらに、冷却チューブの内側面に、励起光に対する散乱面を形成する工程を含む。

反射防止領域は、外側面の円周方向に沿って複数箇所である。

複数箇所に設けられた反射防止領域は、円周方向に等間隔に配されている。

反射防止領域は、反射防止膜であり、高反射領域は、高反射膜である。

さらに、高反射膜は、反射防止膜で覆われている。

さらに、高反射領域の外側面には散乱面が形成されている。

反射防止領域は、反射防止膜のみを有し、高反射領域は、反射防止膜の上に高反射膜を有する。

#### 【0 0 0 9】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、半導体レーザ（以下 LD）励起固体レーザ装置概略図である。レーザロッド 1 はロッドホルダ 4 により保持され、フランジ 5 に固定する。レーザロッド 1 の外側には冷却チューブ 3 が配置され、同じくフランジ 5 に固定する。レーザロッド 1 と冷却チューブ 3 との隙間には冷却水 6 が流れ、レーザロッド 1 およびロッドホルダ 4 を直接冷却する。冷却チューブ 3 の外側には励起用半導体レー

ザ 2 が配置され、レーザロッド 1 に対して LD 光 10 によって側面励起が行われる。全反射ミラー 7 と出力ミラー 8 がレーザロッド 1 端面に平行に配置され、ミラー間で共振したレーザ光 9 が出射される。

#### 【0010】

図 2 は断面詳細図である。ここでは、励起用 LD 2 を 3 個  $120^\circ$  等間隔に配置している。構造上配置可能である場合には励起用 LD 2 は 4 個、5 個と個数を増やすことも可能である。また、レーザロッドの軸に沿ってスパイラル状に多数配設しても良い。

冷却チューブ 3 の外側面には各 LD 光 13 の透過ロスを抑えるための反射防止膜 11 とレーザロッド 1 に吸収しきれずにレーザロッドを通過した LD 光 13 をもう一度レーザロッド 1 に吸収させるための高反射膜 12 が円周方向に沿って交互に、かつレーザロッド 1 長手方向にストライプ状に施されている。また、励起 LD をレーザロッドの軸に沿ってスパイラル状に多数配設した場合には、ストライプをスパイラル状に形成することになる。

そして、励起用 LD 2 は、出射光 13 の光軸がレーザロッド 1 中心に対して積極的に  $\theta$  傾けた状態で配置されレーザロッドを励起する。

レーザロッド 1 と冷却チューブ 3 との隙間には冷却水 6 が流れる。

#### 【0011】

上記のように、冷却チューブ 3 の外側面に高反射膜 12 を設けてあり、さらに励起光 13 が、レーザロッド 1 中をロッドの中心を避けて透過するように、光軸を傾けて設定されているため、レーザロッドに吸収しきれずに透過した励起光は、高反射膜 12 で反射し、再び異なる光路を辿ってレーザロッドを透過する。さらに、その反射透過においても吸収されなかった励起光は、更に異なる高反射膜のストライプによって反射を受ける。従って冷却チューブ内の励起光の光路は、星形を一筆書きしたような軌跡を形成する。すなわち、冷却チューブの外側面の高反射膜部分は、積分球のような役割をする。このため、レーザロッドによって吸収しきれない励起光は複数回レーザロッドを透過することになるため、効率の良い励起が行われる。

本発明の構成は、冷却チューブの外側に円筒状部材を配設し、しかもその内面に

パターン化した高反射膜等を設ける従来技術と異なり、冷却チューブそのものの外側面に高反射膜を設ければよいので、各段に製作が容易であり、従って安価となる。

#### 【0012】

上記の実施形態での高反射膜12のストライプと反射防止膜のストライプは、冷却チューブの外側面上に交互に配設する場合を述べたが、この構成に限定されるものではない。

すなわち、反射防止膜11と高反射膜12の成膜は、図3のように冷却チューブ3の外側面にまずストライプ状かつレーザロッド1長手方向に高反射膜12を成膜し、次に冷却チューブ3と高反射膜12外側を覆うように反射防止膜11を施してもよい。

#### 【0013】

また、反射防止膜11と高反射膜12の成膜は、図4のように、まず冷却チューブ3の外側面全周に反射防止膜11を成膜し、次に反射防止膜11の外側面にストライプ状かつレーザロッド1長手方向に高反射膜12を施してもよい。

#### 【0014】

上記の第1の実施形態の構成を取ることによって、励起用LDから出射されたLD光が、冷却チューブの反射防止膜を少ないロスで透過し、レーザロッドに効率よく吸収される。レーザロッドに吸収しきれず透過したLD光は、冷却チューブ対面側に施されている高反射膜にて反射され、再びレーザロッドに戻り吸収されるため、励起光を効率よくレーザロッドに吸収させることができる。

また、LD光出射方向をレーザロッド中心から積極的に傾きを持たせることにより、レーザロッド内部の励起分布が均一状態に近づくため、高出力・高ビーム品質のレーザが得られる。

#### 【0015】

次に、本発明の第2の実施形態を、図5を参照して説明する。

冷却チューブ3の外側面には各LD光13の透過ロスを抑えるための反射防止膜11とレーザロッド1に吸収しきれずにレーザロッドを通過したLD光13をもう一度レーザロッド1に吸収させるための高反射膜12が円周方向に沿って交互

に、かつレーザロッド 1 長手方向にストライプ状に施されている。そして、高反射膜を設ける場所のレーザロッド側面は、あらかじめある粗さ（砂目）で拡散面 1 4 を形成し、その表面に高反射膜 1 2 を施してある。

そして、励起用 L D 2 は、出射光 1 3 の光軸がレーザロッド 1 中心に対して積極的に  $X^\circ$  傾けた状態で配置されレーザロッドを励起する。

レーザロッド 1 と冷却チューブ 3 との隙間には冷却水 6 が流れる。

また、図 6 のように拡散面 1 4 は、冷却チューブ 3 内側面全周に施してもよい。チューブ内面全体に砂目を施すことは、内面に金属膜等の高反射膜をパターン化して設ける従来技術より遙かに容易である。

#### 【 0 0 1 6 】

上記の第 2 の実施形態の構成を取ることによって、励起用 L D から出射された L D 光が、反射防止膜を少ないロスで透過し、レーザロッドに効率よく吸収される。レーザロッドに吸収されずに透過した L D 光は高反射膜にて反射され、再びレーザロッドに戻り吸収される。L D 光が高反射膜にて反射される際に拡散面で反射するため、反射した L D 光はランダムにレーザロッドに吸収される。これにより、レーザロッド内部の励起分布が均一状態に近づくため、高出力・高ビーム品質のレーザが得られる。

#### 【 0 0 1 7 】

以上の全ての実施形態及び実施例の説明において、冷却チューブ 3 の表面と励起用 L D 2 との間隔を大きくすることが有効である。励起用 L D とレーザロッドとの距離が大きいと、L D 光が空間的に広がった状態でレーザロッドに入射されるため、レーザロッド内部の励起分布の均一性が増し、さらに高ビーム品質のレーザが得られる。

#### 【 0 0 1 8 】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置は、励起用 L D、冷却チューブ、レーザロッドという簡素な構成で、冷却チューブの外側面には各 L D 光の透過ロスを抑えるための反射防止膜とレーザロッドに吸収しきれずにレーザロッドを通過した L D 光をもう一度レーザロッドに吸収させるための高

反射膜が交互にストライプ状に、かつレーザロッド 1 長手方向に施され、かつ励起用 LD の光軸はレーザロッド中心に対して積極的に傾けた状態で配置・励起されるため、効率よくレーザロッドが励起され、高出力・高ビーム品質のレーザを高信頼かつ安価に得ることができるものである。

【 0 0 1 9 】

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面断面構成図である。

【図 2】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の第 1 の実施形態における第 1 実施例のレーザロッドに垂直な断面構成図である。

【図 3】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の第 1 の実施形態における第 2 実施例のレーザロッドに垂直な断面構成図である。

【図 4】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の第 1 の実施形態における第 3 実施例のレーザロッドに垂直な断面構成図である。

【図 5】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の第 2 の実施形態における第 1 実施例のレーザロッドに垂直な断面構成図である。

【図 6】

本発明の半導体レーザ励起固体レーザ装置の第 2 の実施形態における第 2 実施例のレーザロッドに垂直な断面構成図である。

【図 7】

従来の半導体レーザ励起固体レーザ装置の断面構成図である。

【符号の説明】

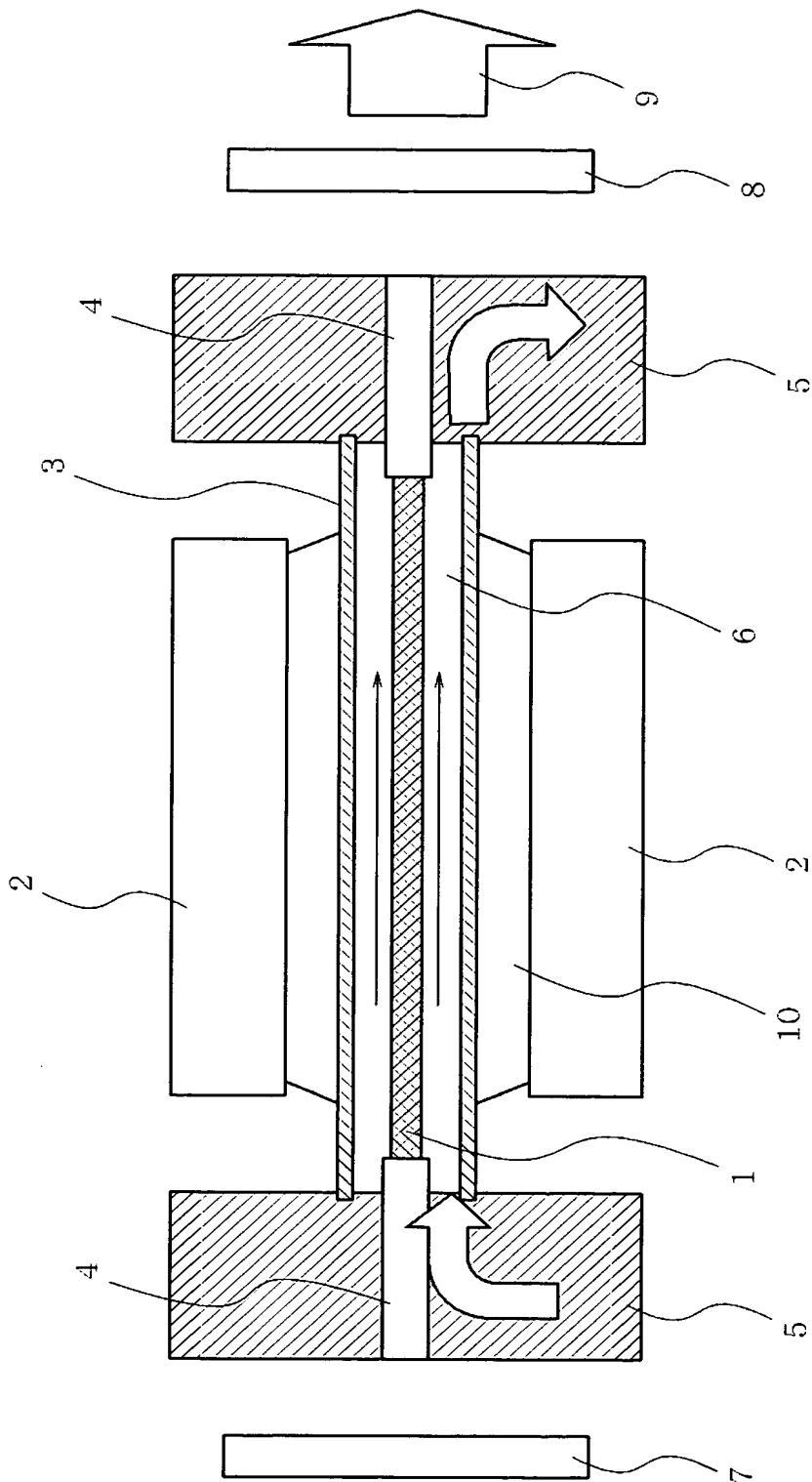
- 1 レーザロッド
- 2 励起用半導体レーザ
- 3 冷却チューブ

- 4     ロッドホルダ
- 5     フランジ
- 6     冷却水
- 7     全反射ミラー
- 8     出力ミラー
- 9     レーザ光
- 1 0     L D 光
- 1 1     反射防止膜
- 1 2     高反射膜
- 1 3     L D 光
- 1 4     拡散面
- 1 5     拡散反射鏡
- 1 6     集光レンズ
- 1 7     反射防止膜

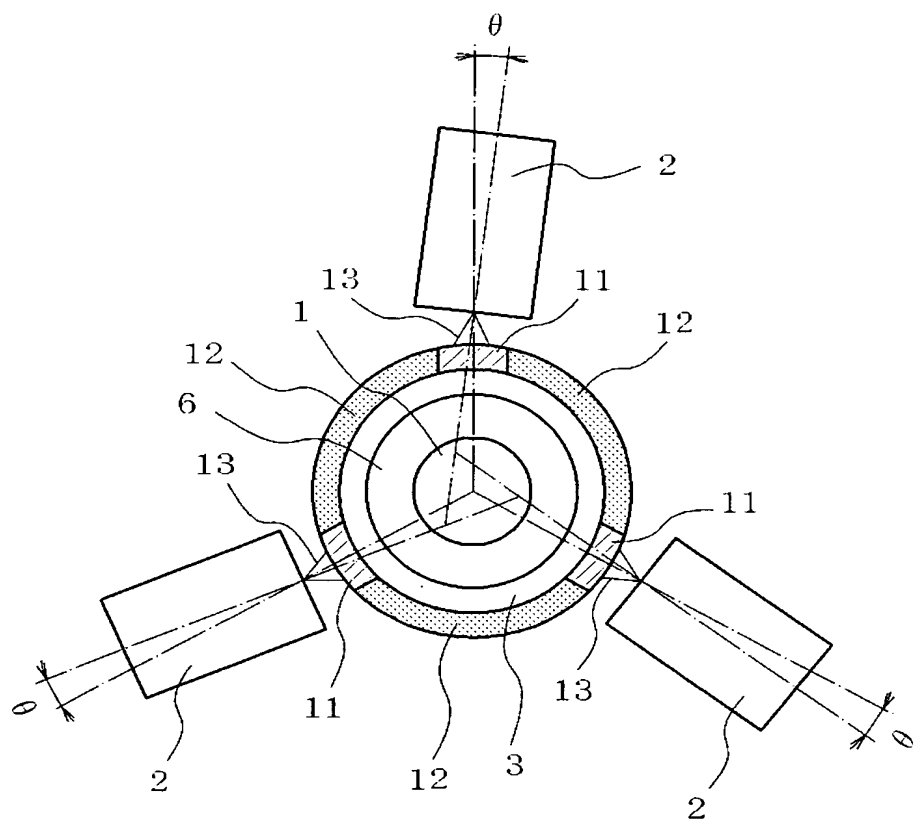


【書類名】 図面

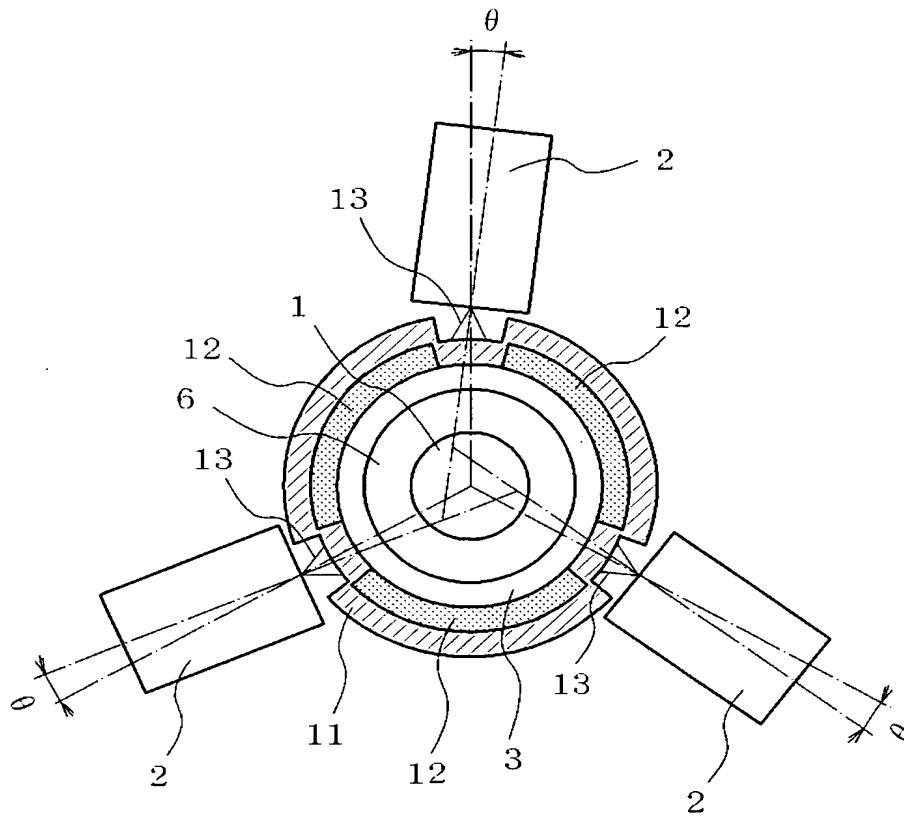
【図 1】



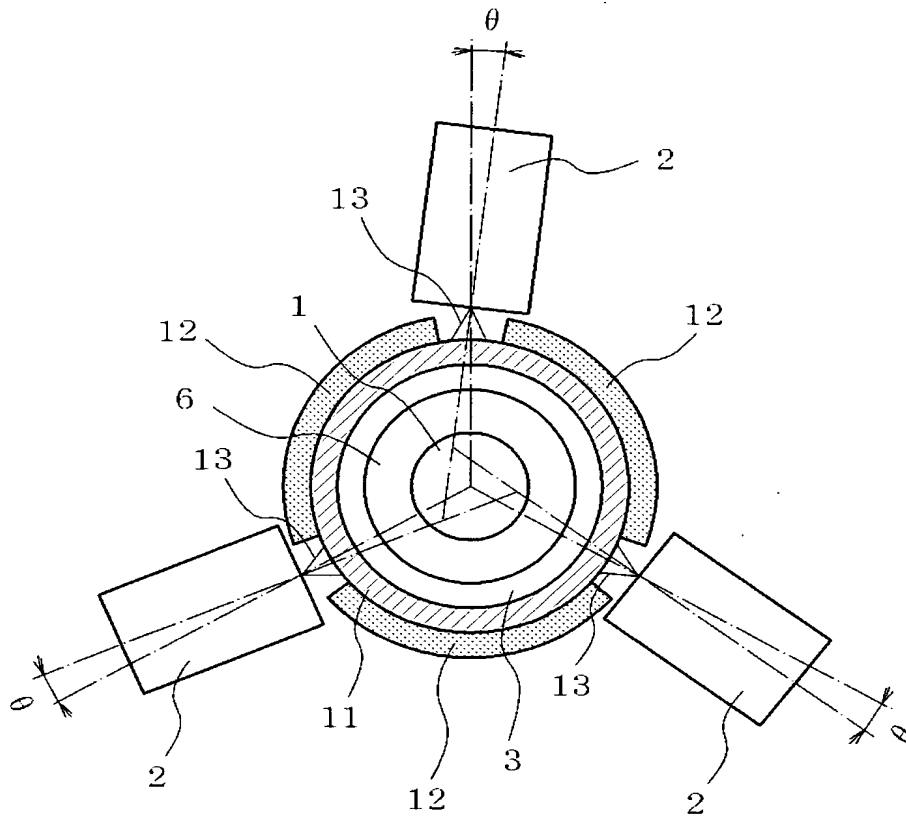
【図 2】



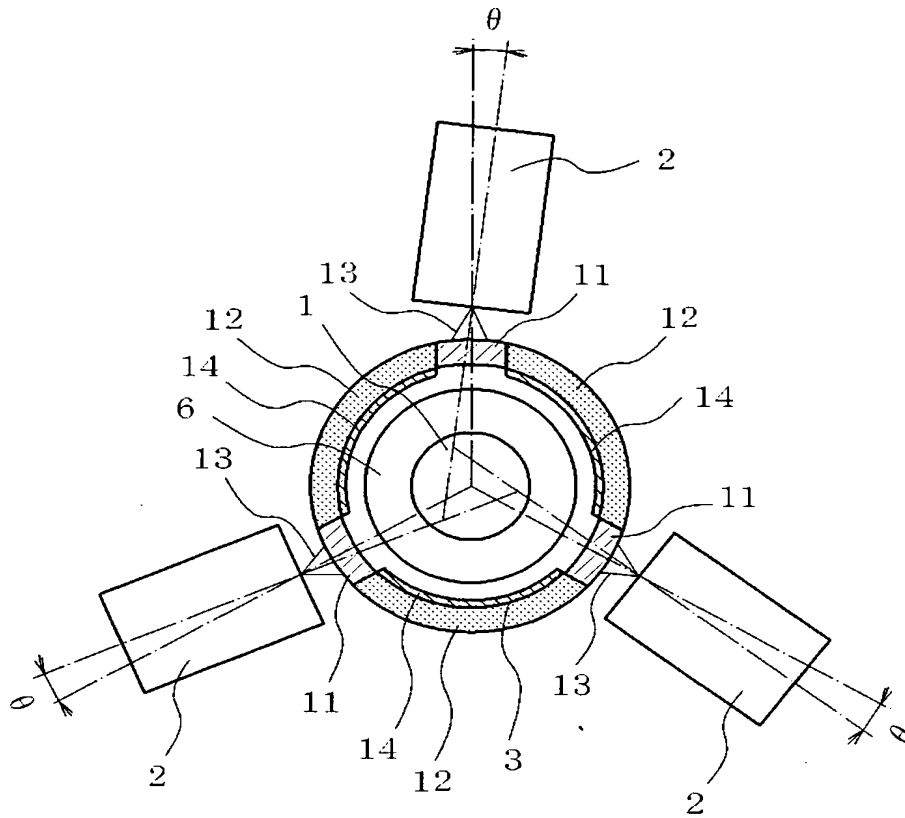
【図 3】



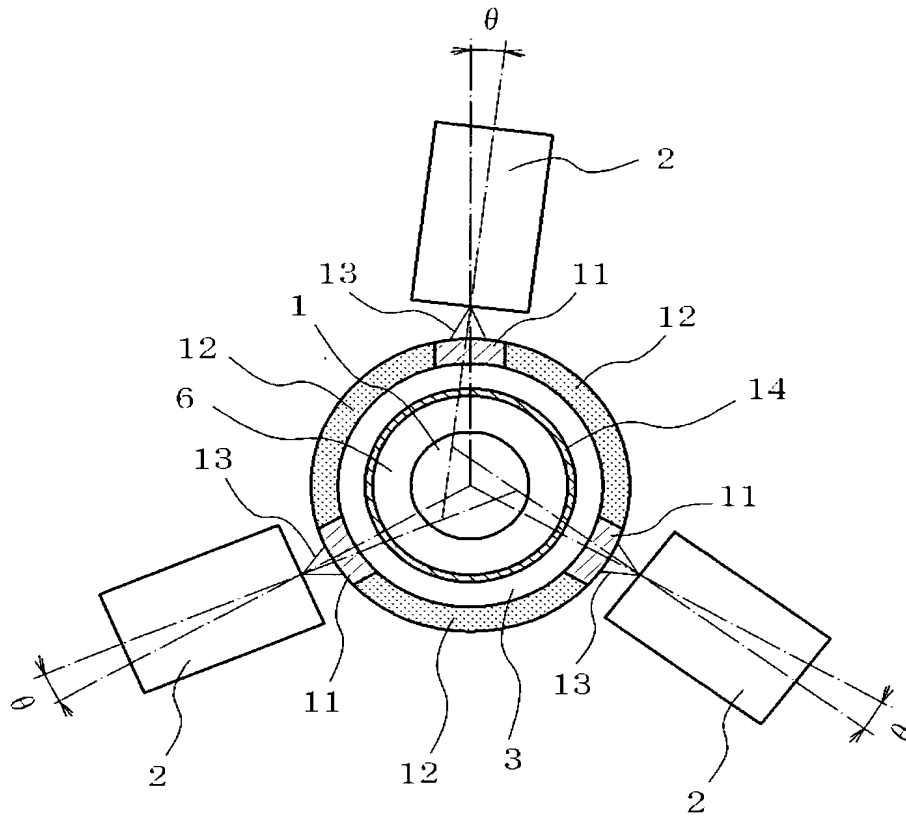
【図 4】



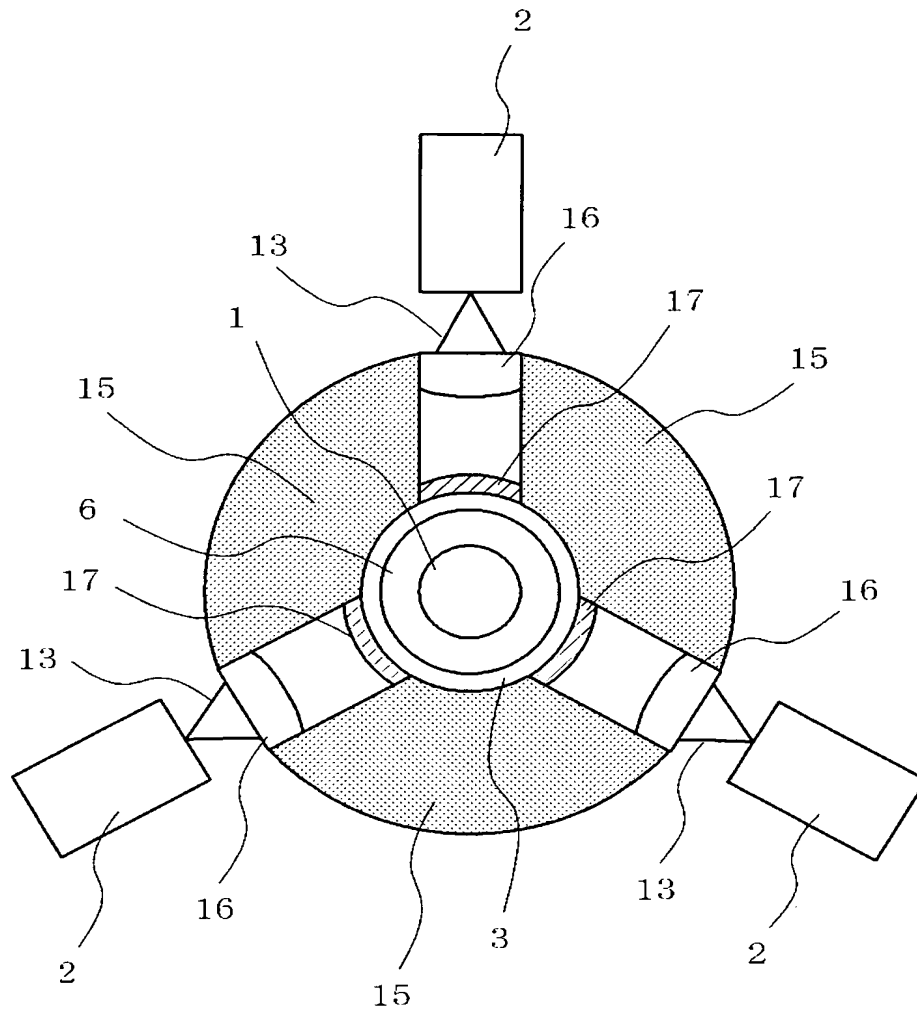
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】従来方式では、拡散反射鏡や集光レンズ、その保持機構や冷却機構など部品点数が増えることによって高価かつ複雑になってしまう問題があった。

【解決手段】半導体レーザ 2 を励起光源としてレーザ出力を得る固体レーザ装置において、冷却チューブ 3 の外側面に半導体レーザ光透過ロスを抑えるための反射防止膜 1 1 と、半導体レーザ光を反射させるための高反射膜 1 2 を交互に施し、また、半導体レーザ出射方向をレーザロッド中心に向けるのではなく、積極的にある角度の傾きを持たせて励起する。

【選択図】 図 2



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 4 4 1 3 4
受付番号	5 0 2 0 1 7 9 4 5 4 8
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 4 年 1 1 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年11月27日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 4 4 1 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社